



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2018

Anatomische Landmarken in der Urogynäkologie

Betschart, Cornelia ; Scheiner, David ; Fink, Daniel ; Perucchini, Daniele ; Passweg, D

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-167484>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Betschart, Cornelia; Scheiner, David; Fink, Daniel; Perucchini, Daniele; Passweg, D (2018). Anatomische Landmarken in der Urogynäkologie. *Gynaekologische Praxis*, (43):268-279.

Anatomische Landmarken in der Urogynäkologie

C. Betschart¹, D.A. Scheiner¹, D. Fink¹,
D. Perucchini^{1,2}, D.E. Passweg³

Klinik für Gynäkologie,
UniversitätsSpital Zürich;

²Blasenzentrum Stadelhofen, Zürich;

³Gynäkologie und Geburtshilfe,
Stadtspital Triemli, Zürich

*Anatomie Beckenboden – Levator ani – Liga-
mentum cardinale – Ligamentum sacrouterinum
– Plexus hypogastricus inferior*

gynäkologische praxis 43, 1–12 (2018)
Mediengruppe Oberfranken –
Fachverlage GmbH & Co. KG

■ Einleitung

Die Anatomie ist essentiell zum Verständnis urogynäkologischer Pathologien. Bei der Entstehung von Senkungen und Inkontinenz sind verschiedene anatomische Strukturen involviert. Das Verständnis ihrer Funktionsweise ist wichtig. Schon 1979 schrieb Kurt Richter, dass sich die »lebendige Anatomie in so vielen und wesentlichen Details von der postmortalen Morphologie unterscheidet. Die aus einschlägigen Lehrbüchern bekannte Darstellung des Medianschnittes der Hohlorgane des weiblichen Beckens entspricht einem pathologischen Befund, da Verlust des Tonus, und die Fixations- und Dissektionsmethoden Artefakte hervorrufen«. Heutzutage können mittels Ultraschall und Magnetresonanztomographie die Organe und Strukturen des kleinen Beckens im lebenden Körper sichtbar gemacht werden. Dank steigender Bildqualität sind nun plötzlich anatomische Strukturen wie der Rhabdosphinkter der Urethra oder der Levator-ani-Muskel (LA) in-vivo darstellbar. Von der bloßen Sichtbarmachung der Strukturen gilt es nun weiter, auf deren Funktionen zu schließen: Was sind die Aufgaben des Beckenbodens? Wie kommen Fehlfunktionen zustande? Wie kommt es, dass gesunde Frauen zu Patientinnen werden?

In dieser Übersicht wird auf die muskulären, ligamentären und neuronalen Strukturen und – wo wissenschaftliche Kenntnisse vorhanden – auch auf die funktionelle operative Anatomie und das Zusammenspiel der Beckenbodenbestandteile eingegangen. Dieses Zusammenspiel ist in der operativen Rekonstruktion sehr wichtig, weshalb darauf in dieser Zusammenstellung ein besonderes Augenmerk gerichtet wird.

■ Beckenbodenanatomie im historischen Kontext

Im Mittelalter war es verboten, Leichendissektionen vorzunehmen und erst im Zeitalter der Renaissance, bekannt durch den Anatomen Andreas Vesalius (1514–1564), wurde der weibliche Urogenitaltrakt seziert und detailliert beschrieben. Die Beckenbodenmuskeln wurden als

»musculi sedem attolentes« benannt, was als »der Sitzfunktion zugehörige Muskeln« übersetzt werden kann. Interessanterweise erkannten die Anatomen bereits damals, dass mehrere Muskeln den Beckenboden bilden. Im 17. und 18. Jahrhundert wurden vor allem medizinische Instrumente wie Spekula entwickelt, welche die in-vivo Untersuchung ermöglichten. Systematische Studien zu pathologischen Beckenbodenveränderungen fanden erst wieder im 19. Jahrhundert statt. So benannte und klassifizierte der französische Anatom Léon Testut die Haltestrukturen des Beckenbodens und beschrieb die Organe inklusive ihrer Organachsen, welche bei Senkungszuständen verändert sind [1]. Er verglich Scheidenachsen post-mortem von nulliparen und multiparen Frauen. Im Jahr 1895 beschrieb Alwin Mackenrodt sehr akkurat das Bindegewebe des Beckens und seine Relationen zur Prolapsentstehung. Nach ihm ist auch synonym, vor allem im englischsprachigen Raum, das Ligamentum cardinale als Ligamentum Mackenrodt benannt. Weiterer Kenntniszuwachs über die topographischen Verhältnisse bei 40 Frauen mit Genitalprolaps ist anfangs des 20. Jahrhunderts den beiden Wiener Anatomen Halban und Tandler zu verdanken [2]. Sie schrieben in der Einleitung zu ihrem Buch, dass »die Frage des Genitalprolapses mit der Frage der Fixation des Uterus und seiner Nachbargebilde steht«. Als Faktoren, welche die Uteruslage zu beeinflussen imstande sind, erwähnten sie:

1. Die Lage des Individuums im Raume, welche in den post-mortem Untersuchungen den Uterus in eine retroflektierte und -vertierte Lage bringt
2. Der physiologische Zustand des Uterus
3. Der physiologische Zustand der Nachbarorgane
4. Der abdominelle Druck

Tatsächlich findet sich in ihren Abbildungen der Uterus fast immer in einer retroflektierten Lage, was ein post-mortem Artefakt ist (► Abb. 1). Zur Untersuchung des abdominellen Druckes auf die Beckenorgane führten sie physikalische Experimente an einem abgeschlossenen Beckenbodenmodell durch, in dem sie verschiedene

Drucke auf Kautschuk-Phantome von Vagina und Uterus ausübten und deren Lageveränderungen beschrieben.

■ Korrelation von Anatomie mit der Bildgebung an Lebenden

Heutzutage gewinnt die Bildgebung zunehmend an Bedeutung hinsichtlich der Reproduktion und Benennung anatomischer Strukturen am Lebenden. Diese in-vivo visualisierte und dynamische Diagnostik vermag Lücken bezüglich Funktion und Zusammenspiel der Organe zu schließen, worüber in der statischen post-mortem Anatomie, oft erschwert durch zusätzliche Artefakte aufgrund der Formalinfixierung, nur hypothesisiert werden kann. Die Gruppe von DeLancey hat 1996 als eine der ersten in der MRT von verstorbenen Frauen mit Harninkontinenz eine Reihe von konzentrischen Ringen beschrieben, dabei beschrieben sie von innen nach außen:

1. Einen hellen inneren Ring, welcher am Sezierpräparat der urethralen Mukosa entspricht
2. Einen dunklen Ring, der der Submukosa entspricht
3. Einen nächsten hellen äußeren Ring, der der glatten Muskulatur der Urethra entspricht
4. Einen peripheren dunklen Ring, welcher der Skelettmuskulatur des urogenitalen Sphinkter entspricht [3]

Heute weiß man, dass der Sphinkter der Urethra bei der Frau halbkreisförmig ist, während er beim Mann omega-förmig die Urethra umschließt. Nach wie vor bleibt aber im Sinne einer »Test-Retest-Zuverlässigkeit« wichtig, die erstmals in der Bildgebung beschriebenen Strukturen am Sezierpräparat zu überprüfen, um nicht Artefakte oder falsche, anderen Organen zugehörige Strukturen zu beschreiben. So wurde kürzlich aufgedeckt, dass im Ultraschall Scheineffekte abgebildet werden können. So wurden in einer Perinealschallstudie am Leichenpräparat größere und mehr Levatordefekte im Ultraschall diagnostiziert, als am Sezierpräparat tatsächlich detektiert werden konnten [4]. Vor allem Becken, wo der Pubo-

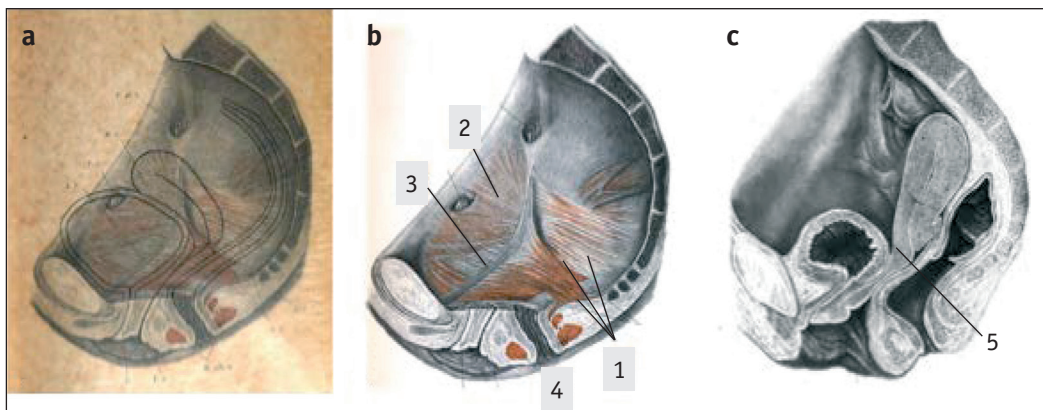


Abb. 1 | a) und b) zeigen die normale Beckenbodentopographie; a) mit den Außenbegrenzungen von Blase und Uterus; b) ohne Organe. Der Levator ani ist braun eingefärbt und der Arcus tendineus fascia pelvis als auch der Arcus tendineus levator ani sind als graue Faserverdichtungen abgebildet; c) zeigt den retrovertierten Uterus mit einem offenen, vertieften vesico-uterinen Spatium sowie eine leichtgradige Zysto- und Rektozele; 1) Levator ani Muskel (Anteil M. pubovisceralis und iliococcygeus), 2) M. obturator internus, 3) Arcus tendineus fascia pelvis (ATFP), 4) M. sphincter ani externus, 5) Spatium vesico-uterinum (nach [2])

viszeralis-Ursprung einen engen Winkel hatte, waren in dieser Untersuchung fehleranfälliger.

■ Beckenbodenanatomie der Frau

Der Beckenboden ist eine komplexe anatomische Region bestehend aus verschiedenen Muskeln, Ligamenten, Bindegewebsschichten resp. Faszien und neurovaskulären Strukturen. Der Beckenboden orchestriert die Funktionen von Blase und Darm und ist Halte- und Stützorgan des Uterus im schwangeren und nicht-schwangeren Zustand. Zum besseren Verständnis der Beckenbodenfunktion und ihrer -insuffizienz ist es unerlässlich, die muskulären und ligamentären Strukturen genauer zu studieren. Vor über 100 Jahren äußerte Dickinson: »Es gibt keinen bemerkenswerteren Muskel im menschlichen Körper, dessen Funktion und Form schwerer zu verstehen ist, als **den** Levator ani Muskel. Über ihn herrschen nebulöse Eindrücke und Aussagen vor.« Auch heute noch sind seine Muskelanteile und Aktionsvektoren hinsichtlich der Funktionsweise und Rolle im Rahmen von Senkungs- und Inkontinenzpathologien nicht gänzlich geklärt.

■ Muskeln des Beckenbodens

Der dominanteste Muskel am Beckenboden ist der paarig zu beiden Beckenseitenwänden verlaufende Levator ani. Seine drei Subgruppen sind in der Nomina Anatomica aufgeführt: Dies sind der Musculus pubovisceralis, der Musculus puborectalis und der Musculus iliococcygeus [5]. Die Namen beschreiben jeweils Ursprung und Insertion der Muskelgruppen. Der Musculus pubovisceralis wiederum ist in drei eigene Muskelfaserzüge unterteilt, welche in ►Tabelle 1 aufgeführt sind. Diese Muskelfaserzüge inserieren in die Muskularis der Vagina (M. pubovaginalis), hinunter bis ins Perineum (M. puboperinealis) und zum Sphinkter ani Musculus (genau gesagt in die Rinne zwischen **Sphinkter ani Muskel** und der horizontal verlaufenden Puborektalisschlinge (M. puboanalis).

Durch die beiden Anteile des Levator ani passieren die Hohlorgane (Urethra, Vagina und Rektum) und stehen mit ihnen in direkter Verbindung. Kontrahiert sich der V-förmige Levator ani, zieht er die Organe nach ventral oben, was zur Richtungsänderung führt im Sinne der Perinealkrümmung (Curvatura perinealis).

Terminologia Anatomica	Ursprung → Insertion	Funktion
Musculus pubococcygeus, synon. mit Musculus pubovisceralis <ul style="list-style-type: none"> • M. puboperinealis • M. pubovaginalis • M. puboanalís 	Pubis → Perineum Pubis → Vagina auf der Höhe der Midurethra Pubis → intersphinkterischer Raum zwischen M. sphinkter ani internus und externus. Endet distal in der Analhaut	Tonische Aktivität Zieht das Perineum nach ventral gegen den Ursprung am Os pubis Eleviert die Vagina in der Höhe der Midurethra Eleviert den Anus
Musculus puborectalis	Pubis → bildet eine Schlinge um die Rektumhinterwand	Verschliesst den Hiatus (Vagina und Rektum). Sphinkterfunktion
Musculus iliococcygeus	Arcus tendineus levator ani → die zwei Seiten des M. iliococcygeus fusionieren in der Mittellinie. Dieser Anteil wird auch iliooccygeale Raphe genannt	Die zwei Seiten des M. iliococcygeus bilden ein unterstützendes Diaphragma, das den Beckenkanal nach posterior abschliesst

Tab. 1 | Levator ani Untergruppen und Funktionen

Diese Perinealkrümmung wurde schon vor Jahrzehnten von Richter [6] anhand Vaginaabdrücken von Frauen in-vivo beschrieben und konnte in einer neueren MRT-Untersuchung reproduziert werden. Im Bereich der Levatorplatte resp. Perinealkrümmung kommt es zu einer vaginalen Winkeländerung von über 45° [7]. Die Vagina ist in diesem Bereich enger und zeigt sich kranial davon als breiteres Hohlorgan (kaudale Vaginalbreite 17 ± 5 mm, kraniale Vaginalbreite 45 ± 12 mm) [7].

Die mechanische Wirkung einer Muskelkontraktion ist bestimmt durch den Aktionsvektor der

einzelnen Muskelfasern und ihrer Verzweigungen, dem Aktivitätsgrad und der physiologischen Durchschnittsfläche des Muskelbündels. Speziell am Levator ani finden sich ganz verschiedene Muskelanteile mit verschiedenen Muskelfaserverläufen, welche etwas über die Aktionsrichtung und Funktion des jeweiligen Muskels aussagen. In einer Studie zur LA-Muskelanatomie in gesunden Frauen ohne LA-Schädigung wurde die Richtung der Muskelfasern untersucht. Hierzu wurde die Muskelfaserichtung in jedem der drei LA-Subdivisionen, dem Musculus pubovisceralis (PVM = pubovisceral muscle), dem Musculus puborectalis (PRM = puborectal muscle) und dem

Musculus iliococcygeus (ICM = iliococcygeus muscle) sowie dem externen Analmuskelsphinkter (EAS) ausgewertet [8]. Als Resultat zeigten sich folgende Muskelvektoren gemessen zur standardisierten Referenzlinie (PICS Linie): PVM Faserrichtung von $41 \pm 8,0^\circ$, PRM von $-19 \pm 10,1^\circ$, ICM von $33 \pm 8,8^\circ$ und EAS von $-43 \pm 6,4^\circ$. Die unterschiedlichen Vektoren lassen auf eine unterschiedliche Wirkung der LA-Muskelsubtypen auf die perineale Elevation und den vaginalen Hiatusverschluss schließen. So dürften die positiven, nach aufwärts gerichteten Aktionsvektoren des PVM und des ICM auf eine elevierende Funktion hindeuten, während der eher horizontal verlaufende PRM eine verschließende Funktion haben dürfte. Es ist somit von Interesse zu untersuchen, wie sich Läsionen einzelner Levator ani Subgruppen auf Symptome und Senkungstypen in Klinik und Bildgebung auswirken werden. Wir wissen zumindest heute, dass es unter der Geburt zu geburts-traumatischen Schädigungen mit Abriss des M. pubovisceralis am Os pubis kommt, was gehäuft mit einer Zystozele einhergeht [9].

Halban und Tandler postulierten bereits vor 100 Jahren, dass Muskelschäden im Levator ani zur Prolapsentstehung beitragen. Heute wissen wir dank MRT-Untersuchungen, dass 55 % der Frauen mit einer Senkung einen deutlichen Defekt am Levator ani Muskel aufweisen [10]. Hierbei ist in den meisten Fällen der Ursprung des M. pubovisceralis betroffen und nicht so der M. puborectalis, welcher häufig intakt bleibt und möglicherweise sogar kompensatorisch Funktionen übernehmen kann [9].

Der Analschließmuskel, der Musculus sphincter ani, setzt sich aus dem inneren Musculus sphincter ani internus und dem äußeren Musculus sphincter ani externus zusammen. Der innere Schließmuskel ist ein ringförmiger Muskel aus glatter Muskulatur und geht übergangslos aus der distalen Tunica muscularis des Rektums hervor. Seine Innervation erfolgt durch den Plexus hypogastricus inferior. In Ruhe ist der Muskel tonisiert oder kontrahiert, sodass kein Stuhl und keine Darmgase austreten. Der äußere Schließmuskel besteht aus Skelettmuskulatur und wird

vom Nervus pudendus innerviert. Er steht unter einem Dauertonus und erst mit der willkürlichen Erschlaffung wird die Defäkation eingeleitet.

Eine neue Arbeit von Tsukada et al. hat ergeben, dass der Sphinkter ani und der Levator ani muskuläre Verbindungen haben [11]. Der rektalen Zirkumferenz folgend wurden von anterior nach posterior Verbindungen zwischen dem longitudinalen Sphinkter ani internus und dem Levator ani Muskel als auch nach posterior zwischen dem Levator ani Muskel und dem Sphinkter ani externus Muskelverbindungen nachgewiesen. Der Levator ani Muskel resp. sein Submuskel M. puboanalis scheint ein wichtiges Verbindungsglied im intersphinkterischen Raum zu sein. Diese Verbindung könnte einen Erklärungsansatz bieten, wie im Moment der Defäkation der Sphinkter ani sich relaxiert und gleichzeitig das Rektum durch den M. puboanalis, welcher einen kranialen Aktionsvektor hat, sich hochziehen kann, damit die Kotsäule abgesetzt werden kann [11].

■ Ligamente des Beckenbodens

Das Ligamentum cardinale und das Ligamentum sacrouterinum sind die Haltestrukturen der apikalen Fixierung (Uterus/Scheidenstumpf). Diese Ligamente spielen eine kritische Rolle in der Prolapsentstehung, sowohl des apikalen als auch des anterioren Prolapses – der Zystozele (►Abb. 2) [12].

Eine Zusammenstellung der Ligamente des Beckenbodens findet sich in ►Tabelle 2. Anatomisch bedeutend in ihrer Funktion als Halte- und Stützstruktur sind das Ligamentum sacrouterinum, das Ligamentum cardinale und das Ligamentum pubourethrale, welches nach wie vor in der Literatur häufig zitiert wird und in der Bildgebung als eine auffallende Struktur erscheint, sich aber morphologisch aus verschiedenen Strukturen zusammensetzt.

Zwischen Uterus, Vagina, Rektum, Harnröhre und Beckenwand finden sich zusätzliche fibromuskuläre Stränge, welche ebenfalls als Ligamente bezeichnet werden, sowie feinere Faserzüge

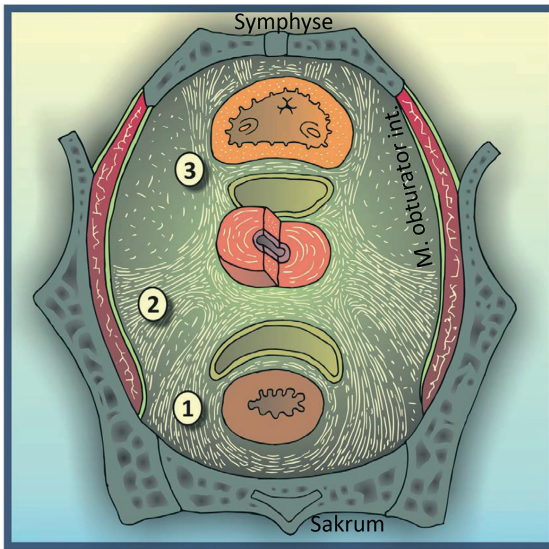


Abb. 2 | Ligamentärer Halteapparat des Uterus, Level I nach DeLancey
 1: Ligamentum sacrouterinum
 2: Ligamentum cardinale
 3: Ligamentum vesicouterinum (auch Blasenpfeiler genannt)


wie der Arcus tendineus fascia pelvis, der Arcus tendineus levator ani (► Abb. 3), sowie die endopelvine Faszie als feine Bindegewebsschicht.

Es fragt sich aber, ob das Ligamentum cardinale im eigentlichen Sinne als Ligament bezeichnet werden darf: Es verbindet zwar den Uterus mit der lateralen Beckenwand, ist aber vielmehr auch ein Gefäß- und nervenführendes Mesenterium, worin die Arteria uterina verläuft. Es gibt alleine für das Ligamentum cardinale mindestens 8 Bezeichnungen, so z.B. Ligamentum latum, Parametrium oder wie Mackenrodt-Ligament. Der Ureter verläuft im Ligamentum cardinale an der Stelle, wo er die Arteria uterina unterkreuzt. Üblicherweise wird der Teil des Ligamentum cardinale, welcher oberhalb des Ureters verläuft, als Parametrium und jener unterhalb des Ureters als Parakolpium bezeichnet.

Das Ligamentum sacrouterinum verläuft relativ horizontal vom oberen Vaginaldrittel und der Zervix mehrere zentimeterbreit nach dorsal, wo es sich fächerartig zum Sacrum hin verzweigt. Während der Laparoskopie wird nur die obere Kante des Ligamentum sacrouterinum als peritoneale Falte sichtbar. Das Ligamentum sacrouterinum repräsentiert die laterale Begrenzung

des Douglas und verläuft lateral des Rektums und medial der Ureteren. Der Ureterverlauf im Verhältnis zum Lig. sacrouterinum ist von operativer Bedeutung: Der Ureter verläuft nämlich immer lateral und kranial der Oberkante des Lig. sacrouterinum. Die durchschnittliche Distanz (\pm Standardabweichung) vom Ureter zum Ligamentum sacrouterinum beträgt auf Höhe des Sakrums $4,1 \pm 0,6$ cm, auf Höhe der Spina ischiadica $2,3 \pm 0,9$ cm, und auf Höhe des inneren Muttermundes $0,9 \pm 0,4$ cm [13]. Wieslander et al. haben bei der uterosakralen Ligamentfixation durchschnittliche Distanzen von 1,4 cm zwischen der durch das Ligament gesetzten Nähte und dem Ureter gemessen [13].

Eine MRT-Pilotstudie ging der Frage nach, ob die uterustragenden Ligamente, das Ligamentum sacrouterinum (USL) und das Ligamentum cardinale (CL), in Frauen mit ($n=10$) und ohne Prolaps ($n=10$) eine unterschiedliche Anatomie aufweisen [14]. Hierzu wurden in Ruhe und unter maximalem Valsalva-Manöver 3D-Rekonstruktionen von Gebärmutter, Scheide, knöchernem Becken, den Ligg. cardinalia und den Ligg. sacrouterina erstellt. Unter Anwendung der midsagittalen MRT-Referenzlinie (PICS-Linie) wurde die Ligamentlänge und -orientierung aus-

Terminologia Anatomica	Ursprung → Insertion	Funktion
Ligamentum cardinale	Ursprung im Bereich der A. iliaca interna, Foramen ischiadicum majus → kranialer Anteil zum Lig. sacrouterinum, kaudaler Anteil inseriert an der Zervix	Gefäße- (A./V. uterina) und nervenführendes Ligament/Mesenterium
Ligamentum sacrouterinum	S2–S4 (tw. S1–S4 beschrieben) → dorsale Seite der Zervix und/oder bis zum oberen Vaginaldrittel	Oberflächlicher Anteil, gefäßführend Tiefer Anteil, autonome Nervenfasern
Ligamentum rotundum	Canalis inguinalis internus → Tubenwinkel	Enthält glatte Muskelfasern, ev. zuständig für die Uteruslage (anteflektiert/retroflektiert)
Ligamentum sacrospinale	Sacrum → Spina ischiadica	Sicherung des Iliosakralgelenks, verantwortlich für die Anteriorkippung des Sakrums
Ligamentum sacrotuberale	Sacrum → Os tuber	Sicherung des Iliosakralgelenks, verantwortlich für die Anteriorkippung des Sakrums
Ligamentum pubourethrale	Nicht als eigentliche Struktur vorhanden sondern eine Fusion des Diaphragma urogenitale mit dem kaudalsten Teil des Arcus tendineus  asia pelvis	Fixiert den distalsten Teil der Urethra an das Os pubis. Der obere Anteil der Urethra hat Verbindungen zur vorderen Vaginalwand, welche ihrerseits in Verbindung zum Levator ani steht über den M. pubovaginalis.
Ligamentum pubovesicalis	Blasenhalshals → untere Kante der Symphyse	Haltestruktur für den Blasenhalshals. Von einigen auch als Musculus pubovesicalis bezeichnet, da quergestreifte Muskelfasern nachgewiesen wurden

Tab. 2 | Beckenbodenligamente

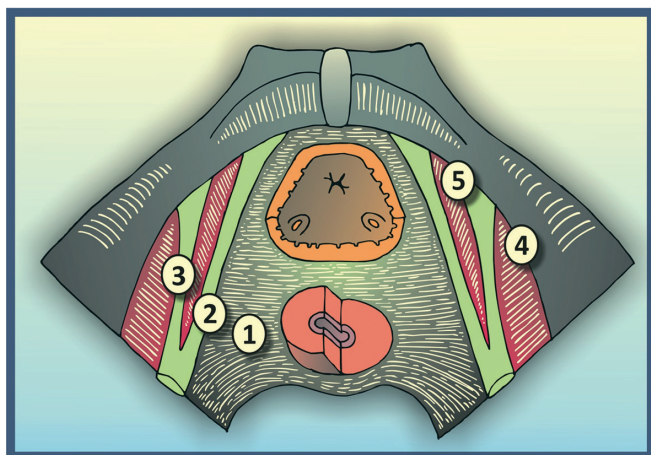


Abb. 3 | Haltestrukturen, Level II nach DeLancey
 1: Endopelvine Faszie (Fascia pelvis / Fascia pubocervicalis)
 2: Arcus tendineus fascia pelvis (White line)
 3: Arcus tendineus levator ani
 4: Musculus obturator internus
 5: Musculus levator ani, Puboviszeralis-Anteil

gemessen. Es zeigte sich, dass das Ligamentum sacrouterinum in einem Winkel von $92,5^\circ$ zur Körperachse verläuft und eine Länge von knapp 3 cm hat, während das Ligamentum cardinale 5,7 cm lang ist und einen Winkel in der midsagittalen Ebene von $18,8^\circ$ zur Körperachse aufweist (d.h. relativ parallel zur kranio-kaudalen Körperachse verläuft). Bei Frauen mit Prolaps ist das Ligamentum cardinale schon in Ruheposition (ohne Pressen oder Gravitationsmanöver) rund 20% länger und weist eine geringere Spannung auf. Unter maximalem Valsalvamanöver war die Elongation des CL bei Frauen mit Prolaps signifikant länger als bei Frauen ohne Prolaps (30 ± 16 mm vs. 15 ± 9 mm [$p=0,033$]), während sich im USL eine signifikante Winkeländerung mit Richtungsänderung nach distal bei Frauen mit Prolaps ($p < 0,001$) zeigte, ohne dass sich die Ligamentlänge relevant geändert hätte. Diese Veränderungen in Ligamentlänge und Winkelinklination könnten Grundlage für zukünftige Überlegungen in der rekonstruktiven Senkungschirurgie sein [15].

Es sind auch Faserverbindungen zwischen dem Ligamentum sacrouterinum und sacrospinale sowie zwischen dem distalen Ligamentum sacrouterinum und dem Levatormuskel beschrieben worden [16–18]. Bei der sakrospinalen Fixation nach Richter wird beobachtet, wie sich nicht nur der Scheidenstumpf – oder bei uteruserhal-

tenden Verfahren der Uterus – suspendieren, sondern auch die Blase: Das Ligamentum sacrouterinum hat eine Verbindung zum Levator ani, doch ist unklar, ob es auch eine Verbindung zur Blase hat.

Der tiefe Anteil des Ligamentum sacrouterinum hat einen hohen Nergehalt, höher als der im Ligamentum cardinale, und enthält parasympathische Fasern, welche die Beckenorgane innervieren, ausgehend von S2–S4, welche zusammen mit sympathischen Fasern aus dem oberen hypogastrischen Plexus verlaufen. Zusammen bilden diese Fasern den Plexus hypogastricus inferior (Beckenplexus).

■ Nerven des Beckenbodens

Die autonome und somatische Innervation des Beckenbodens gewährleistet multiple und komplexe Funktionen. Das Hauptnervengeflecht für die Innervation der Beckenbodenorgane ist der Plexus hypogastricus inferior (► Abb. 4). Beide oben diskutierten Strukturen, das Ligamentum cardinale und das Ligamentum sacrouterinum, stehen in direkter Verbindung mit dem Plexus hypogastricus inferior und sind Leitstrukturen, worin die Nervenfasern verlaufen. Die sympathische Innervation des Beckens erfolgt von tief thorakal und lumbal aus dem lumbalen sympa-

thischen Miktionszentrum. Die sympathischen Fasern verlaufen vom Thorakalmark und Lumbalmark in den Truncus sympathicus und von dort über die Nervi splanchnici thoracales und lumbales in den Plexus hypogastricus superior und mit den Nervi hypogastrici in den Plexus hypogastricus inferior und dann in die Plexi rectalis, uterovaginalis und vesicalis. Die parasympathischen Nerven entstammen aus S2–S4. Hierbei verlaufen die meisten Nerven im tiefen Ligamentum sacrouterinum. Es überwiegen sensorische und nozizeptive sympathische Nerven [19].

Bis eine neue Studie an Feten, welche mittels computerassistierter Disektion vorgenommen

wurde und Licht in die Innervation des Beckenbodenmuskels brachte, lag vieles zur Innervation des Levator ani noch im Dunklen [20]. Die Hauptinnervation des Levator ani Muskels setzt sich aus dem Nervus pudendus, den Nervi levatores ani, welche direkt aus dem Plexus sacralis entstammen und dem Plexus hypogastricus inferior zusammen (► Abb. 5). Der Nervus pudendus besteht aus somatischen und autonomen Nervenfasern und innerviert den Levator ani von kaudal. Die Nn. levatores ani dagegen haben einen supralevatoriellen Zugang und sind nach heutigen Kenntnissen rein somatisch [20]. Sie dürften eine wichtige Rolle in der neuromuskulären Übertragung beim Beckenbodentraining spielen.

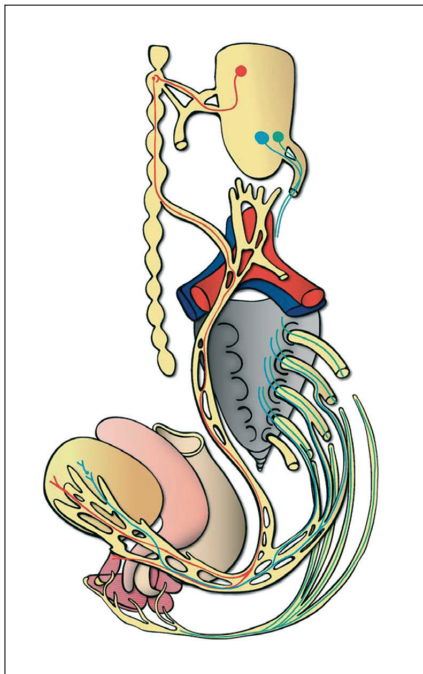


Abb. 4 | Rot, Sympathikus mit dem sympathischen Grenzstrang, bildet den Plexus hypogastricus superior (PHS);

Blau, Parasympathikus mit prä- und postganglionären Nervenfasern. Vereint sich mit dem Sympathikus des PHS zum Plexus hypogastricus inferior (PHI);

Grün, Nervus pudendus, infralevatorielle Innervation des Levator ani, Innervation des analen Sphinkterapparates, Vulva und Urethra

■ Funktionelle Anatomie

Lange wurden die einzelnen anatomischen Strukturen als eigen- und einzelständig beschrieben. Doch wissen wir heute, dass sie untereinander in verschiedener Weise verknüpft sind. Nur so können ganz unterschiedliche Funktionen wie Miktion, Darmfüllung und -entleerung sowie sexuelles Erleben ausgeübt werden.

Dank des Tonus der verschiedenen Haltestrukturen finden sich die weiblichen Hohlorgane in einer Art Schwebelage mit einer funktionellen Mobilität. Unbekannt ist die physiologische Mobilität der einzelnen Strukturen. Wird jedoch ein gewisser Schwellenwert an Mobilität überschritten, kommt es zu Senkungen und Belastungsinkontinenz.

Defekte im proximalen Urethrasupport zeigen sich in einer Hypermobilität der Urethra und sind häufiger zu finden bei Frauen mit Belastungsinkontinenz [21]. Der proximale Urethrasupport seinerseits steht in Verbindung mit dem Levator ani und Arcus tendineus fascia pelvis, welche beide im Ramus inferior des Os pubis verankert sind. Einen ähnlichen Defektmechanismus stellt man sich bei der Zystozelenbildung vor, weisen doch viele Frauen mit einer Zystozele auch einen Levator ani Defekt auf [22].

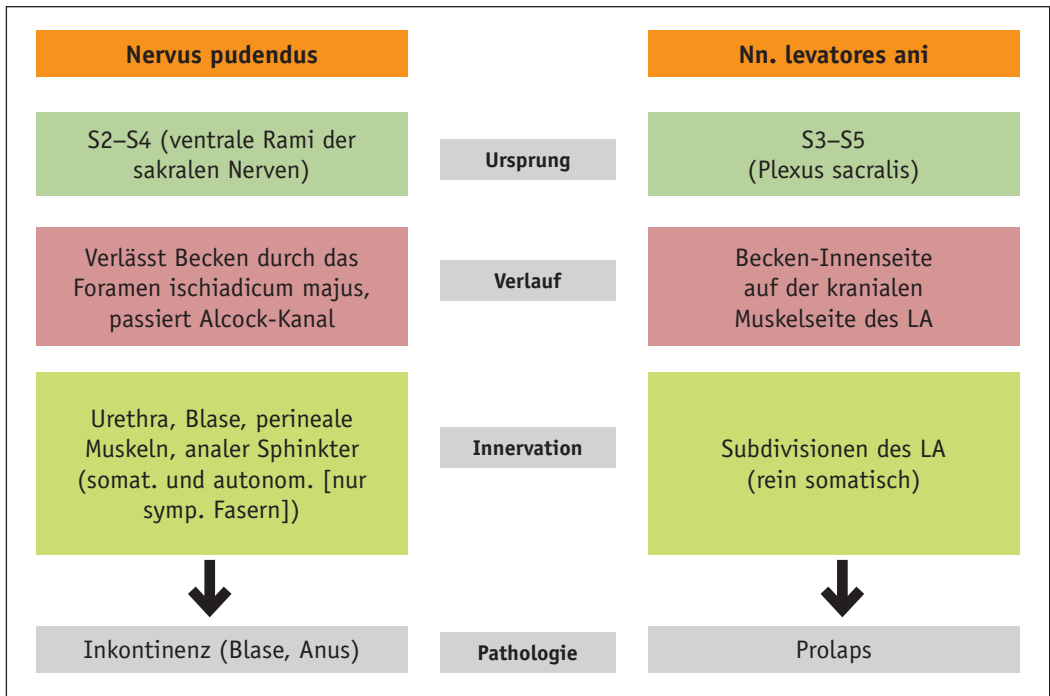


Abb. 5 | Schematische Darstellung der Beckenbodeninnervation und mögliche Pathomechanismen

In der operativen Anatomie ist der Ureterverlauf von besonderer Bedeutung. Die typischen Stellen, wo der Ureter verletzt werden kann, finden sich:

1. beim Eintritt in das kleine Becken an der Kreuzungsstelle zwischen Ureter und Arteria iliaca communis. Hier liegt eine Gefährdungszone bei der Sakrokolpopexie vor, wo der rechte Ureter im Durchschnitt 18 mm von der kranialen Meshfixierung entfernt ist [23];
2. im Ligamentum cardinale, wo der Ureter unter der Arteria uterina nach distal zieht: Dies ist die Gefährdungsstelle bei der abdominalen oder laparoskopischen Hysterektomie und der uterosakralen Ligamentfixation, wo es bei 11 % zu einer Ureterdeviation und -obstruktion kommen kann [24];
3. beim Eintritt in die Harnblase.

Die komplexe Innervation des Beckenbodens mit somatischen und autonomen Nerven gewährleis-

tet aus klinischer Sicht die Stabilisierung des Beckenbodens, die Kontinenz von Blase und Darm als auch Lubrifikation, Relaxation und Kontraktion beim Orgasmus.

■ Fazit für die Praxis

Die topographische Anatomie ist weiterhin eine unerlässliche Basis für das Verständnis der Pathogenese und die operative Rekonstruktion urogynäkologischer Erkrankungen. Wissen, das früher nur im Seziersaal erworben werden konnte, wird dank moderner 3D-Zeichnungstools und Bildgebung ortsunabhängig zugänglich.

Die Bildgebung von Ultraschall und MRT tragen als nicht-invasive und nicht-strahlenbelastende Verfahren bedeutend zum Verständnis der dynamischen, aktuellen Anatomie bei, mit der klinische und wissenschaftliche Fragestellungen angegangen werden können. Die Anatomie wird weniger statisch gelernt, wo selbständig

und unabhängig agierende Organe eine Funktion ausüben, sondern vielmehr im Kontext von Interaktionen und Folgeaktionen aufgrund ihrer jeweiligen topographischen Lage. So kann man sich erklären, dass geburtstraumatische Verletzungen, wie der Abriss des Musculus puboviszeralis am Os pubis, häufig erst mit einer Latenz von 30 Jahren zu Symptomen wie Senkungsgefühl führen, da initial kompensatorisch Muskeln wie der Musculus puborectalis während einer relativ langen Zeit Funktionen übernehmen oder aufrechterhalten können.

■ Zusammenfassung

Rekonstruktive urogynäkologische Operationen erfordern ein genaues Verständnis der anatomischen Strukturen. In diesem Übersichtsartikel werden Topographie und Funktionen der Beckenbodenmuskeln, -ligamente und -nerven beschrieben. Der Term Ligament ist im Vergleich zu Ligamenten an den Extremitäten, welche einen Muskel an einen Knochen fixieren, vor allem im Bereich von Level I und II irreführend, da es sich bei den Ligamenten am Beckenboden vielmehr um gefäß-, lymph- und nervenführende Bindegewebskondensationen handelt. Auch können die zu fixierenden Organe wie Blase, Gebärmutter und Rektum in ihrem Volumen deutlich schwanken, was an die Haltstrukturen spezielle morphologische Anforderungen stellt. Diese Funktionen sind in den letzten Jahren in den Fokus der Forschung gerückt. Was mit den bindegewebigen Strukturen und ihrer Funktion passiert, wenn Meshes eingefügt werden und was die physiologische Organbeweglichkeit ist, bevor es zu einem pathologischen Zustand wie dem Prolaps kommt, ist Gegenstand weiterer Forschung.

Betschart C, Scheiner DA, Fink D, Perucchini D, Passweg DE:
Anatomical landmarks in urogynecology

Summary: Reconstructive urogynecological operations ask for a profound knowledge of the anatomical structures of the pelvic floor. In this

review article the topography, the interactions and functions of pelvic muscles, ligaments and nerves are demonstrated. The term ligament in the pelvic floor, especially in the levels I and II after DeLancey, is different from the one used in orthopedics. The ligament in the pelvic floor is a condensation of connective tissue and not a classic tendon that anchors a muscle to a bone. Ligaments in the pelvic floor are mixed structures that contain arteries and veins, lymphatic vessels, and nerves. They also contain smooth and striated muscles in order to adapt to different volumes of the bladder, the uterus and rectum. This kind of adaptation and function is focus of recent studies. Also the normal variability of organ movement before it yields to a pathologic state like prolapse, and the change of organ function after surgical mesh insertion are not completely elucidated yet.

Keywords: anatomy – pelvic floor – levator ani muscle – pelvic ligaments – inferior hypogastric plexus

Literatur

1. Testut L. Appareil uro-génital. In: Doin O, editor. *Traité D'Anatomie Humaine*. 3rd ed. Paris: 1895. 546–642.
2. Halban J, Tandler J. *Anatomie und Ätiologie der Genitalprolapse beim Weibe*. Wien: Braumüller; 1907.
3. Strohbehn K, Quint LE, Prince MR, Wojno KJ, Delancey JO. Magnetic resonance imaging anatomy of the female urethra: a direct histologic comparison. *Obstetrics and gynecology*. 1996; 88: 750–756.
4. Da Silva AS, Digesu GA, Dell'Utri C, Fritsch H, Piffarotti P, Khullar V. Do ultrasound findings of levator ani “avulsion” correlate with anatomical findings: A multicenter cadaveric study. *Neurourology and urodynamics*. 2016; 35: 683–688.
5. Anatomica T. *International Anatomical Terminology*. Stuttgart: Thieme; 1998.
6. Richter K. Gynäkologische Anatomie des kleinen Beckens. *Gynäkologische Rundschau* 1978; 19: 13–23.
7. Luo J, Betschart C, Ashton-Miller JA, DeLancey JO. Quantitative analyses of variability in normal vaginal shape and dimension on MR images. *Int Urogynecol J* 2016; 27: 1087–1095.

8. Betschart C, Kim J, Miller JM, Ashton-Miller JA, DeLancey JO. Comparison of muscle fiber directions between different levator ani muscle subdivisions: in vivo MRI measurements in women. *Int Urogynecol J* 2014; 25: 1263–1268.
9. DeLancey JO, Sorensen HC, Lewicky-Gaupp C, Smith TM. Comparison of the puborectal muscle on MRI in women with POP and levator ani defects with those with normal support and no defect. *Int Urogynecol J* 2012; 23: 73–77.
10. DeLancey JO, Morgan DM, Fenner DE, Kearney R, Guire K, Miller JM, et al. Comparison of levator ani muscle defects and function in women with and without pelvic organ prolapse. *Obstetrics and gynecology*. 2007; 109: 295–302.
11. Tsukada Y, Ito M, Watanabe K, Yamaguchi K, Kojima M, Hayashi R, et al. Topographic Anatomy of the Anal Sphincter Complex and Levator Ani Muscle as It Relates to Intersphincteric Resection for Very Low Rectal Disease. *Dis Colon Rectum* 2016; 59: 426–433.
12. Rooney K, Kenton K, Mueller ER, FitzGerald MP, Brubaker L. Advanced anterior vaginal wall prolapse is highly correlated with apical prolapse. *Am J Obstet Gynecol* 2006; 195: 1837–1840.
13. Wieslander CK, Roshanravan SM, Wai CY, Schaffer JI, Corton MM. Uterosacral ligament suspension sutures: Anatomic relationships in unembalmed female cadavers. *Am J Obstet Gynecol* 2007; 197: 672 e1–6.
14. Luo J, Betschart C, Chen L, Ashton-Miller JA, DeLancey JO. Using stress MRI to analyze the 3D changes in apical ligament geometry from rest to maximal Valsalva: a pilot study. *Int Urogynecol J* 2014; 25: 197–203.
15. Luo J, Smith TM, Ashton-Miller JA, DeLancey JO. In vivo properties of uterine suspensory tissue in pelvic organ prolapse. *J Biomech Eng* 2014; 136: 021016.
16. Buller JL, Thompson JR, Cundiff GW, Krueger Sullivan L, Schon Ybarra MA, Bent AE. Uterosacral ligament: description of anatomic relationships to optimize surgical safety. *Obstetrics and gynecology* 2001; 97: 873–879.
17. Campbell RM. The anatomy and histology of the sacrouterine ligaments. *Am J Obstet Gynecol* 1950; 59: 1–12, illust.
18. Cole EE, Leu PB, Gomelsky A, Revelo P, Shappell H, Scarpero HM, et al. Histopathological evaluation of the uterosacral ligament: is this a dependable structure for pelvic reconstruction? *BJU international* 2006; 97: 345–348.
19. Butler-Manuel SA, Buttery LD, Polak JM, A'Hern R, Barton DP. Autonomic nerve trauma at radical hysterectomy: the nerve content and subtypes within the superficial and deep uterosacral ligaments. *Reprod Sci* 2008; 15: 91–96.
20. NyangohTimoh K, Bessedet, Lebacqz C, Zaitouna M, Martinovic J, Diallo D, et al. Levator ani muscle innervation: Anatomical study in human fetus. *Neurourol Urodyn* 2017; 36: 1464–1471.

21. McGuire EJ, Lytton B, Pepe V, Kohorn EI. Stress Urinary Incontinence. *Obstetrics and gynecology*. 1976; 47: 255–264.
22. Dietz HP. Quantification of major morphological abnormalities of the levator ani. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; 29: 329–334.
23. Crisp CC, Herfel CV, Pauls RN, Westermann LB, Kleeman SD. Critical Anatomy Relative to the Sacral Suture: A Postoperative Imaging Study After Robotic Sacrocolpopexy. *Female Pelvic Med Reconstr Surg* 2016; 22: 33–36.
24. Stanhope CR, Wilson TO, Utz WJ, Smith LH, O'Brien PC. Suture entrapment and secondary ureteral obstruction. *Am J Obstet Gynecol* 1991; 164: 1513–1517; discussion 1517–1519.

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass bei der Erstellung des Beitrags keine Interessenkonflikte im Sinne der Empfehlungen des International Committee of Medical Journal Editors bestanden.



Priv.-Doz. Dr. Cornelia Betschart
Klinik für Gynäkologie
UniversitätsSpital Zürich
Frauenklinikstrasse 10
CH-8091 Zürich

cornelia.betschart@usz.ch